

## Задание №8

### МКТ и молекулярная физика

1. Порция идеального одноатомного газа при температуре 300 К обладает внутренней энергией 1,242 Дж. Сколько атомов содержит эта порция газа? *В качестве ответа приведите целое число, которое должно умножаться на  $10^{20}$ .*

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \cdot \frac{N}{N_a} RT$$

$$\text{Отсюда: } N = \frac{2UN_a}{3RT} = 2 \cdot 10^{20}$$

Ответ: 2

2. На рисунке показан циклический процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. На каком участке цикла изменение внутренней энергии газа равно полученному газом количеству теплоты?

В процессе 1 температура постоянна, поэтому внутренняя энергия не изменяется.

Давление увеличивается, поэтому объем уменьшается, значит, работа, совершенная газом, отрицательна.

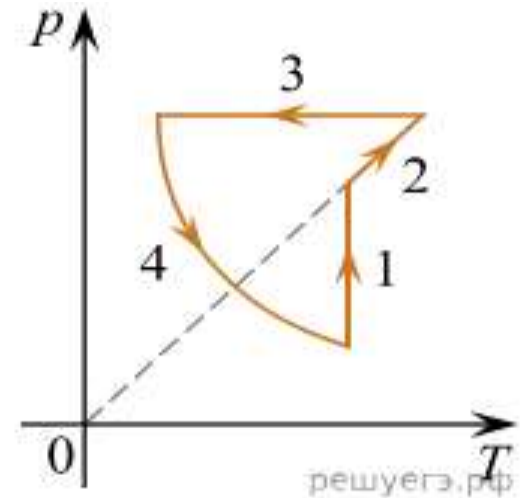
По первому закону термодинамики  $Q = A$  (газ отдает некоторое количество теплоты)

В процессе 2 объем газа не изменяется, поэтому газ работу не совершает.

Температура газа растет, потому внутренняя энергия увеличивается.

По первому закону термодинамики  $Q = \Delta U$  (внутренняя энергия газа увеличивается за счет полученной теплоты)

Ответ: 2



3. В некотором процессе идеальный газ получил количество теплоты 50 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 20 Дж. Чему равна работа, совершённая газом в этом процессе? *Ответ дайте в Дж.*

По первому закону термодинамики  $Q = A + \Delta U$

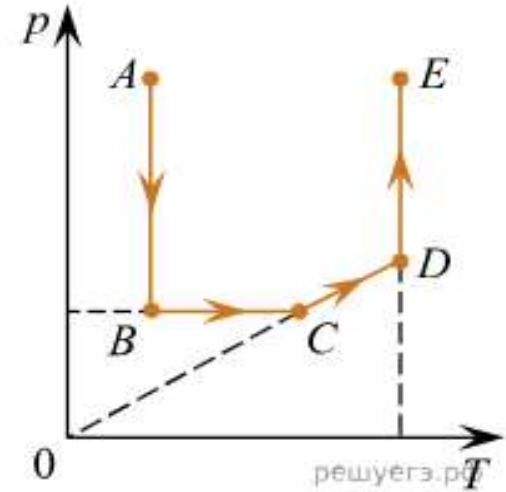
Отсюда:  $A = Q - \Delta U = 50 - 20 = 30$  Дж

Ответ: 30

4. Чему равна работа, совершённая газом в процессе  $CD$  (см. рис.), если он получил в этом процессе количество теплоты  $40 \text{ кДж}$ ? *Ответ запишите в килоджоулях.*

Участок  $CD$  соответствует изохорному процессу, при котором газ работу не совершает.

Ответ: 0



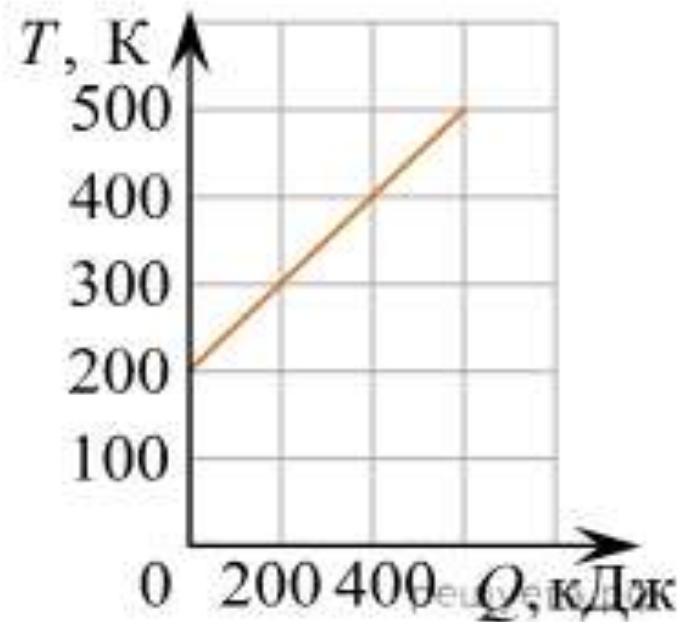
5. На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела? *Ответ запишите в джоулях на килограмм на кельвин.*

Из графика: при нагревании тела массой 2 кг на 200К тело получило 400 кДж количества теплоты.

Отсюда теплоемкость:  $Q = cm\Delta T$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$$

Ответ: 1000



6. На рисунке представлены графики двух процессов, происходящих с одним и тем же количеством идеального газа. Определите отношение работ  $\frac{A_1}{A_2}$  в этих процессах.

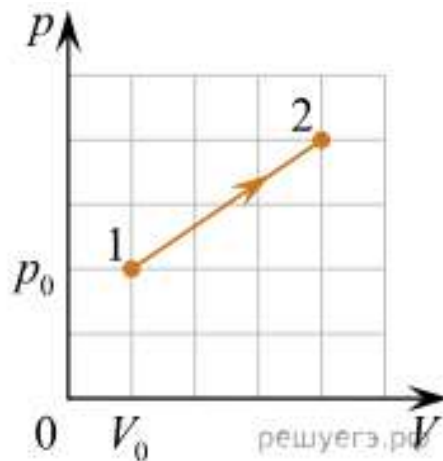


Рис. 1

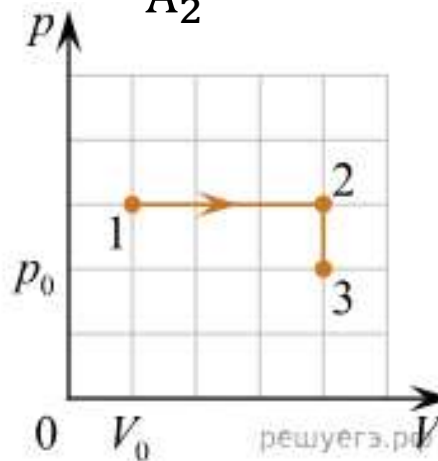


Рис. 2

Работа:

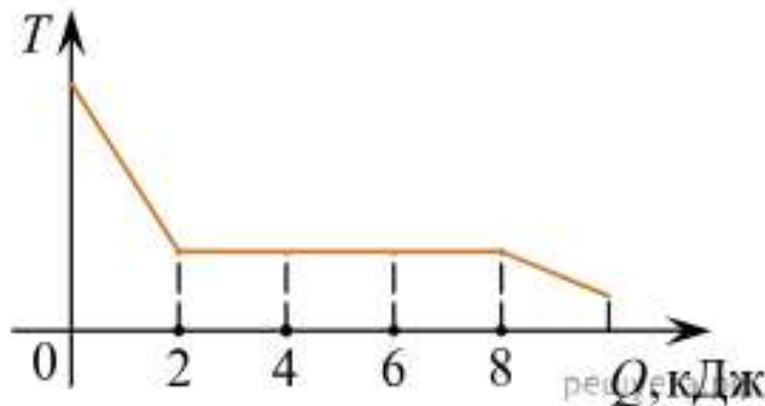
$$A_1 = \frac{p_0 + 2p_0}{2} \cdot 3V_0 = 4,5p_0V_0$$

$$A_2 = 1,5p_0 \cdot 3V_0 = 4,5p_0V_0$$

$$\text{Отсюда: } \frac{A_1}{A_2} = \frac{4,5p_0V_0}{4,5p_0V_0} = 1$$

Ответ: 1

7. Зависимость температуры 0,2 кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты представлена на рисунке. Рассматриваемый процесс идет при постоянном давлении. Какова удельная теплота парообразования этого вещества? Ответ выразите в кДж/кг.



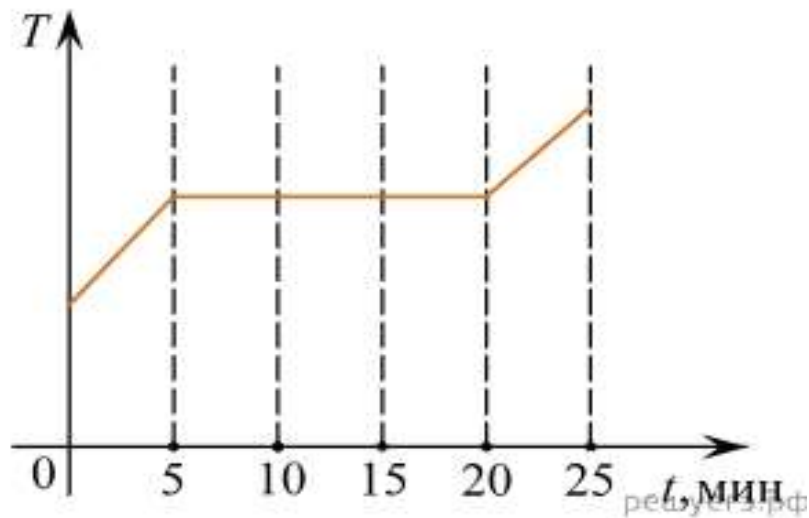
Из графика: в процессе конденсации вещество успело выделить  $Q = 8 - 2 = 6$  кДж

Отсюда: удельная теплота парообразования

$$r = \frac{Q}{m} = \frac{6}{0,2} = 30 \text{ кДж/кг}$$

Ответ: 30

8. В печь поместили некоторое количество алюминия. Диаграмма изменения температуры алюминия с течением времени показана на рисунке. Печь при постоянной мощности нагрева передает алюминию 1 кДж теплоты в минуту. Какое количество теплоты потребовалось для плавления алюминия, уже нагретого до температуры его плавления? Ответ выразите в килоджоулях.



Из графика:  $t = 20 - 5 = 15$  мин (чтобы расплавить алюминий)

Отсюда:  $Q = Pt = 1 * 15 = 15$  кДж

Ответ: 15



9. Кузнец куёт железную подкову массой 350 г при температуре 1100 °С. Закончив ковку, он бросает подкову в сосуд с водой. Раздаётся шипение, и над сосудом поднимается пар. Найдите массу воды, испаряющуюся при погружении в неё раскалённой подковы. Считайте, что вода уже нагрета до температуры кипения. Ответ выразите в граммах. (Удельная теплоёмкость железа — 460 Дж/(кг · °С), удельная теплота парообразования воды —  $2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг.)

$$Q_1 = cm_{\text{II}}\Delta t \quad Q_2 = rm_{\text{B}}$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$cm_{\text{II}}\Delta t = rm_{\text{B}}$$

$$\text{Отсюда: } m_{\text{B}} = \frac{cm_{\text{II}}\Delta t}{r} = 0,07 \text{ кг} = 70 \text{ г}$$

Ответ: 70

10. Железный метеорит массой 1 кг упал в холодное северное море, температура воды в котором равна 0 °С. Перед попаданием в воду метеорит двигался со скоростью 2 км/с и был разогрет до температуры 1000 °С. Какое количество теплоты выделилось при торможении и остывании метеорита в воде? Ответ укажите в килоджоулях.

Уравнение теплообмена:

$$Q = \frac{mv^2}{2} + cm\Delta t = 2460000 \text{ Дж} = 2460 \text{ кДж}$$

Ответ: 2460

11. В медный калориметр массой 500 г, находившийся при температуре 20 °С, налили 200 г воды, температура которой была равна 50 °С. Через некоторое время, когда между водой и калориметром установилось тепловое равновесие, температура воды в нём оказалась равной 40 °С. Какое количество теплоты было отдано водой и калориметром в окружающую среду? *Ответ запишите в джоулях.*

Количество теплоты, полученное калориметром:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1) = 380 * 0,5 * (40 - 20) = 3800 \text{ Дж}$$

Количество теплоты, отданное водой:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t - t_2) = 4200 * 0,2 * (40 - 50) = -8400 \text{ Дж}$$

Количество теплоты, отданное в окружающую среду:

$$Q = |Q_2| - Q_1 = 8400 - 3800 = 4600 \text{ Дж}$$

Ответ: 4600

12. Тепловая машина с КПД 60% за цикл работы отдает холодильнику 100 Дж. Какое количество теплоты за цикл машина получает от нагревателя? (Ответ дайте в джоулях.)

$$\text{КПД тепловой машины: } \eta = \left(1 - \frac{Q_x}{Q_H}\right) \cdot 100\%$$

$$\eta = 60\% = 0,6$$

$$\text{Отсюда: } Q_H = \frac{Q_x}{1-\eta} = \frac{100}{1-0,6} = 250 \text{ Дж}$$

Ответ: 250

13. Температура нагревателя тепловой машины 1 000 К, температура холодильника на 200 К меньше, чем у нагревателя. Каков максимально возможный КПД машины? (Ответ дайте в процентах.)

Температура холодильника:

$$T_x = T_H - 200\text{К} = 1000 - 200 = 800\text{К}$$

Максимально возможный КПД тепловой машины равен КПД машины Карно:

$$\eta = \frac{T_H - T_x}{T_H} \cdot 100\% = \frac{1000 - 800}{1000} \cdot 100\% = 20\%$$

Ответ: 20

14. В топке паровой машины сгорело 50 кг каменного угля, удельная теплота сгорания которого равна 30 МДж/кг. При этом машиной была совершена полезная механическая работа 135 МДж. Чему равен КПД этой тепловой машины? Ответ дайте в процентах.

В процессе сгорания выделилось тепло:

$$Q = qm = 1500 \text{ МДж}$$

$$\text{КПД тепловой машины: } \eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\% = \frac{135}{1500} \cdot 100\% = 9 \%$$

Ответ: 9

15. За один цикл своей работы в тепловом двигателе газ отдал холодильнику количество теплоты, равное 30 кДж. Какую работу совершает этот двигатель за 3 цикла, если его КПД равен 40%? *Ответ запишите в килоджоулях.*

$$\text{КПД теплового двигателя: } \eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = 40\% = 0,4$$

$$A = Q_1 - Q_2$$

Отсюда работа газа за 1 цикл:

$$A = \frac{\eta Q_2}{1 - \eta} = \frac{0,4 * 30}{1 - 0,4} = 20 \text{ кДж}$$

Работа за 3 цикла:  $20 * 3 = 60$  кДж

Ответ: 60